

# Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/DK05/000181

International filing date: 17 March 2005 (17.03.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: DK  
Number: PA 2004 00429  
Filing date: 17 March 2004 (17.03.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 01 April 2005 (01.04.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland  
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse



# Kongeriget Danmark

Patent application No.: PA 2004 00429  
Date of filing: 17 March 2004  
Applicant:  
(Name and address) Arne Johansen  
Hovedvejen 11, Glim  
DK-400 Roskilde  
Denmark

Title: Fremgangsmåde til styring af en vindmølle, navnlig i ø-drift, og en vindmølle

IPC: F 03 D 7/04; F 03 D 11/00

This is to certify that the attached documents are exact copies of the above mentioned patent application as originally filed.



Patent- og Varemærkestyrelsen  
Økonomi- og Erhvervsministeriet

18 March 2005

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Pia Høybye-Olsen".  
Pia Høybye-Olsen

Modtaget

17 MRS. 2004

1

PVS

Opfindelsen angår en fremgangsmåde til styring af en vindmølle, navnlig i ø-drift, hvilken vindmølle omfatter en rotor med i det væsentlig vandret omdrejningsakse, mindst to vinger, der hver især i en ende 5 er forbundet med rotoren og strækker sig ud fra denne i det væsentlige langs en vingeakse, omkring hvilken vingen kan drejes til en indstillingsvinkel for vingen, en vingejusteringsindretning til indstilling af en fælles grundindstillingsvinkel for vingerne, midler 10 til detektering af grundindstillingsvinklens størrelse, midler til detektering af vindmøllens belastning, midler til detektering af vingens afbøjning, fortrinsvis i rotorakseretningen, ved hvilken fremgangsmåde møllens rotors omdrejningshastighed 15 styres ved justering af grundindstillingsvinklen, idet et styresignal for vingejusteringsindretningen tilvejebringes i afhængighed af belastningen og vindhastigheden.

Opfindelsen angår endvidere en vindmølle omfattende 20 tende en rotor med i det væsentlig vandret omdrejningsakse, mindst to vinger, der hver især i en ende er forbundet med rotoren og strækker sig ud fra denne i det væsentlige langs en vingeakse, omkring hvilken vingen kan drejes gennem et første leje til en indstillingsvinkel 25 for vingen, en vingejusteringsindretning til indstilling af en fælles grundindstillingsvinkel for vingerne, et hængsel mellem vingen og rotoren med en hængselakse strækkende sig i en retning på tværs af vingeaksen og rotorens omdrejningsakses 30 retning, hvorved vingerne hver især kan afbøjes i rotorens omdrejningsakses retning ved drejning om den respektive hængselakse. En mølle af denne art kendes fra ansøgers eget DK-B-174 346.

Et eksempel på en fremgangsmåde af den nævnte art, til styring af en vindmølle findes i GB-A-2 023 237. Ifølge dette skrift måles vindhastigheden ved hjælp af en vindmåler, som er placeret på møllens gondol eller et sted, hvor den ikke påvirkes af vindturbinens rotation.

En mølle som kan anvendes i forbindelse med fremgangsmåden kendes fra US-A-6 619 918, som beskriver en mølle, der blandt andet på vingerne er forsynet med strain-gauges med henblik op overvågning af vingernes udbøjning for at undgå kollision med mølle-tårnet.

Andre eksempler på kendt teknik findes i:

US-A-6 361 275, som angår reduktion af (spids-)belastninger på en mølles komponenter. Dertil måles spændinger på forskellige komponenter fx vingerne ved hjælp af strain-gauges; en ønsket vinkelstilling for hver enkelt vinge uafhængigt af de øvrige vinger bestemmes og en justeringsindretning stiller de respektive vinger i de ønskede stillinger for at undgå spidsbelastning og forlænge møllens levetid. Der anvendes også vindfaner eller -indikatorer monteret på vingerne for at måle vindens indstrømningsvinkel.

US-A-4 183 715 beskriver en mølle med vinger der drejer op mod vinden som følge af aerodynamisk løft. Et lod eller en servomotor modvirker drejningen for at styre møllen. I udførelsesformen med servomotor kan vindhastigheden målt med en vindmåler på møllehuset inddrages i styringen.

Ved ø-drift af en mølle, dvs. drift af en mølle, som ikke er koblet på et net med en frekvens, som kan bruges til at styre møllen, er det vanskeligt at styre møllens omdrejningshastighed præcist, således

at der gennem en vekselstrømsgenerator kan opnås en vekselstrøm med en i det væsentlige konstant frekvens. Dette problem omtales blandt andet i ovennævnte GB-A-2 023 237, som anviser en fremgangsmåde til 5 styring af en vindmølle.

En forudsætning for en præcis styring af en vindmølle er imidlertid en præcis og pålidelig måling af vindbelastningen på møllen, da det er denne belastning, som af møllevingerne omsættes til rotati- 10 onsenergi, som videre kan omsættes til elektrisk energi i en generator.

Formålet med opfindelsen er under et aspekt at anviser en fremgangsmåde til styring af en vindmølle, hvorved møllens omdrejningshastighed og dermed fre- 15 kvensen af en vekselstrøm frembragt af en tilsluttet generator, kan holdes konstant inden for snævre tolerancer.

Formålet er under et andet aspekt at anviser en vindmølle, der kan anvendes til udøvelse af frem- 20 gangsmåden.

Formålet opfyldes under det første aspekt ved en fremgangsmåde af den indledningsvis nævnte art, som er særegen ved, at der som mål for vindhastighe- den anvendes vingens afbøjning, fortrinsvis i roto- 25 rens omdrejningsaksens retningen.

Formålet opfyldes under det andet aspekt ved en vindmølle af den ovennævnte art, som er særegen ved, at omfatte en indretning til detektering af størrel- sen af en vinges afbøjning i rotorens omdrejningsak- 30 ses retning og midler til detektering af grundindstillingsvinklens størrelse samt midler til overfø- ring af en detekteret vingeafbøjningsstørrelse og en detekteret grundindstillingsvinkelstørrelse til en

styreindretning.

Opfindelsen bygger på den erkendelse, at fordi vind er en ustabil størrelse med turbulens og vindstød således, at vindbelastningen kan variere betragteligt inden for få meters afstand, skal vindmøllens vinger bruges som vindmåler, hvis der skal opnås et præcist mål for vindbelastningen på møllen. Følgelig anvendes ifølge opfindelsen møllens vinger som vindmåler til tilvejebringelse af indgangssignal til møllens styreenhed.

Et præcist mål for vindbelastningen, og navnlig dens ændringer er nødvendig for at kunne styre en mølle med et hurtigt respons, som er en nødvendighed for en præcis styring.

I foretrukne udførelsesformer for fremgangsmåden ifølge opfindelsen måles rotores omdrejningshastighed og den målte værdi anvendes i tilvejebringelsen af styresignalet for vingejusteringsindretningen.

I en praktisk udførelsesform anvendes som mål for vindhastigheden afbøjningen af vingen med den største afbøjning.

Ved at bruge rotores omdrejningshastighed ved styringen kan etableres en lukket sløjfe for at sikre at omdrejningshastigheden ikke driver i forhold til den ønskede værdi.

Bruges alene omdrejningshastigheden til styring etableres først et styrerespons når omdrejningshastigheden har ændret sig.

Ved at bruge den aktuelle vindbelastning på møllevingerne kan etableres et styrerespons, når vindbelastningen ændrer sig, før denne ændring har resulteret i en ændret omdrejningshastighed.

I en praktisk udførelsesform for vindmøllen

ifølge opfindelsen findes en indretning til detektering af afbøjningen af vingen med den største afbøjning. Endvidere findes fortrinsvis midler til detektering af rotorens omdrejningshastighed og midler til  
5 overføring af den detekterede størrelse til en styreenhed.

En styreenhed til at tilvejebringe et styresignal til vingejusteringsindretningen kan være en del af møllen. Alternativt kan en ekstern styreenhed være  
10 forbundet til møllen. Styreenheden vil i praksis omfatte en computer.

Fremgangsmåden til styring ifølge opfindelsen er primært tænkt anvendt til styring af en vindmølle i ø-drift, hvor møllens afgivne effekt skal være sva-  
15 re til efterspørgslen, da der ikke vil være andre kilder at regulere. Fremgangsmåden kan dog også tænkes anvendt på en vindmølle i et net, hvor fremgangsmåden kan anvendes til at tilvejebringe en i det væsentlige konstant udgangseffekt fra vindmøllen, såle-  
20 des at styringen af nettet som helhed lettes.

Opfindelsen vil i det følgende blive forklaret nærmere ved hjælp af udførelseseksempler under henvisning til den skematiske tegning, på hvilken

fig. 1 viser et snit langs hovedaksen i en  
25 vindmølles rotorhus som indikeret ved I-I i fig. 2,

fig. 2 et snit som indikeret ved II-II i fig.  
1,

fig. 3 et snit langs hovedaksen gennem styrede-  
len,

30 fig. 4 et sidebillede af rotorhuset og en vinge af en anden vindmølle, som kan anvendes til udøvelse af fremgangsmåden ifølge opfindelsen, og

fig. et snit som indikeret ved V-V i fig. 4.

Idet der henvises til fig. 1 og 2 har en vindmølle ifølge opfindelsen en hovedaksel 1 der strækker sig langs og kan rotere om en hovedakse 1a. Hovedakslen 1 strækker sig ind i møllens ikke viste gondol 5 til et gear for overføring af rotationsenergi til en vekselstrømsgenerator på i og for sig kendt måde.

Hovedakslen 1 er drejefast forbundet med og bærer et rotorhus 2, som bærer to lejevuse 3, der hver især bærer en vinge 4. Rotorhuset 2 og dets arrangement 10 og udstyr er symmetrisk om hovedaksen 1a. Derfor vil i det efterfølgende kun blive beskrevet en vinge 4 og dennes fastgøring til rotorhuset 2.

Den her med henvisning til tegningen beskrevne mølle har to vinger, men fagmanden vil forstå at opfindelsen 15 kan anvendes på møller med flere, eksempelvis tre, vinger. Endvidere er den med henvisning til tegningen beskrevne mølle en såkaldt efterløber, dvs. at rotoren med vingerne befinder sig på læsiden af det ikke viste mølletårn. Fagmanden vil forstå at opfindelsen 20 også kan anvendes på en frontløber, dvs. en mølle hvis rotor og vinger befinder sig på vindsiden af mølletårnet.

Lejehuset 3 er ved hjælp af to lejer 5 hængslet til rotorhuset 2 således, at lejehuset 3 kan svinge 25 om en akse 3a, der strækker sig i et plan vinkelret op hovedaksen 1a.

I lejehuset 3 er gennem to lejer 6 lejret en vingerod 7, som derved er drejelig om en vingeakse 7a. Vingeroden 7 bærer ved sin ene ende vingen 4 og 30 er ved sin anden ende drejefast forbundet med et konisk tandhjul 8, som er indgreb med et andet konisk tandhjul 9. Det andet koniske tandhjul 9 er fastgjort til en indstillingsaksel 10, som bærer et snekehjul



11. Indstillingsakslen 10 med tandhjulet 9 og snekehjulet 11 er gennem lejer 12 lejret roterbart om ak-  
sen 3a i lejehuset 3.

Snekehjulet 11 er i indgreb med en snekke 13,  
5 som kan drejes ved hjælp af en hul styreaksel 14, der strækker sig koaksialt gennem hovedakslen 1.

Gennem den hule styreaksel 14 strækker sig en trykstang 15, som ved sin i fig. 1 viste ende bærer en anlægsplade 16. En vippearms 17 kan vippe om et le-  
10 je 18 og er ved sin ene ende forbundet med lejehuset 3 gennem en konsol 19 på lejehuset 3 og et led 20 som gennem hængsler 21 er forbundet til konsollen 19 og vippearmsen 17. Ved sin ende modsat leddet 20 bærer vippearmsen en trykrulle 22, som kan ligge an mod an-  
15 lægspladen 16.

Under drift vil centrifugalkraften søge at stille vingen 4 med vingeaksen 4a vinkelret på hovedakslen, medens trykket fra vinden, som er antydnet ved en pil 23 i fig. 1, vil søge at presse vingen bagover  
20 omkring akslen 3a til en afbøjningsvinkel  $\alpha$ . Ved stilstand vil tyngdekraften dreje den ene vinge nedad omkring akslen 3a. Derfor bærer rotorhuset 2 fortrinsvis ikke viste stabiliseringsfjedre, som søger at holde vingerne 4 vinkelret på hovedakslen 1a. En sådan sta-  
25 biliseringsfjeder kan være fastgjort til en konsol 24 på hvert lejehus 3.

Det forstås at ved svingning af vingen 4 om ak-  
sen 3a vil vingeroden 7's koniske tandhjul 8 rulle på indstillingsakslen 10's koniske tandhjul 9, hvorved  
30 vingen 7 vil dreje tilsvarende om vingeaksen 7a. Denne drejning påvirker ikke den anden, ikke viste vin-  
ge.

Det forstås endvidere at drejning af snekken 13

ved hjælp af styreakslen 14 vil resultere i en drejning af indstillingsakslen 10 og dermed en drejning af vingen 4. Denne drejning gælder for begge vinger, både den viste og den ikke viste.

5 I fig. 3 er vist møllens styredel. Således viser fig. 3 den i forhold til det i fig. 1 viste modsatte ende af hovedakslen 1, styreakslen 14 og trykstangen 15.

Hovedakslen 1 bærer drejefast et første cylindrisk tandhjul 26, og styreakslen 14 bærer drejefast et andet cylindrisk tandhjul 27. Det første cylindriske tandhjul 26 er i indgreb med et tredje cylindrisk tandhjul 28 og det andet cylindriske tandhjul 27 er via et mellemhjul 29 i indgreb med et fjerde cylindrisk tandhjul 30. Det tredje og det fjerde cylindriske tandhjul 28 og 30 henholdsvis bæres drejeligt af aksler 31, som er stedfast monteret i den ikke viste gondol af vindmøllen, og der er fast forbundet med hvert sit af to første, modstående, koniske tandhjul 32 i et differentiale med et via lejer 38 roterbart differentialehus 33. Drejeligt om en differentialeaksel 34 findes to andre, modstående, koniske tandhjul 35, som er i indgreb med de første, modstående, koniske tandhjul 32. Differentialehuset 33 bærer på sin 25 omkredsflade et snekkehjul 36, som er i indgreb med en stedfast i gondolen monteret snekke 37, som er roterbar om en akse vinkelret på tegningens plan.

Det første og det tredje cylindriske tandhjul 26 og 28 har ens diameter, og det andet og det fjerde cylindriske tandhjul 27 og 30 har ens diameter. Som følge deraf vil differentialeakslen 34 stå stille, når hovedakslen 1 og styreakslen 14 har samme omdrejningshastighed og -retning. Hvis hovedakslen 1 og

styreakslen 15 ikke har samme omdrejningshastighed og -retning, vil differentialeakslen 34 rotere om en med akslerne 31 koaksial akse medbringende differentialehuset 33 og snækkehjulet 36. Sidstnævnte vil ved sit indgreb drive snekken 37.

Hvis hovedakslen 1 og styreakslen 14 roterer med forskellig hastighed vil det medføre en drejning af snekken 13 i rotorhuset 2 og dermed en drejning af vingerne. Derfor kan via snekken 37 udlåses en grundindstillingsvinkel for vingerne.

En omdrejningstaller 40 er via et femte cylindrisk tandhjul 41, som er i indgreb med det første cylindriske tandhjul 26, forbundet med hovedakslen og angiver dermed dennes omdrejningshastighed.

En positionsmåler 42 har en tast 42a i anlæg mod enden af trykstangen 15 og giver derfor via vippearmen 17 et mål for afbøjningsvinklen  $\alpha$  for vingen med den største afbøjningsvinkel.

En styremotor 43 bærer drejefast på sin aksel 44 et sjette cylindrisk tandhjul 45, som er i indgreb med det andet cylindriske tandhjul 27. Derved styrer styremotoren 43 styreakslen 14's rotation.

Styremotoren 43 styres af en med en mikroprocessor forsynet styreindretning 46, som modtager signaler fra snekken 37, omdrejningstalleren 40, positionsmåleren 42 og desuden et signal som angiver belastningen på møllen, eksempelvis en angivelse af den effekt som afgives af den ikke viste generator.

Således modtager styreindretningen 46 i en foretrukket udførelsesform følgende signaler:

A: mål for vingerens grundindstillingsvinkel udledt fra snekken 37,

B: mål for møllens (hovedakslen 1's) omdrej-

ningshastighed udledt fra omdrejningstælleren 40,

C: mål for vindhastigheden mod møllevingerne eller vindbelastning på møllevingerne udtrykt ved afbøjningsvinklen  $\alpha$  udledt fra positionsgiveren 42, og

5 D: mål for møllens effekt som afgivet af generatoren.

I den her beskrevne udførelsesform drives møllen i ø-drift, dvs. at den ikke er forbundet til et større net. Møllens omdrejningshastighed skal så vidt  
10 muligt holdes konstant fordi frekvensen af den af generatoren afgivne strøm er proportionel med møllens omdrejningshastighed, og denne frekvens ønskes så konstant som muligt.

Under driften skal møllens effekt varieres efter behovet, fordi overskydende effekt fra møllen vil blive optaget som kinetisk energi i møllen roterende dele, dvs. at møllens omdrejningshastighed vil øges, hvilket som nævnt er uønsket.

Ved konstant vindbelastning kan effekten ind-  
20 stilles ved indstilling af vingernes grundindstillingsvinkel.

Ved konstant effektbehov kan den af vinden udvundne effekt indstilles ved indstilling af vingernes grundindstillingsvinkel.

25 Fordi både vindbelastningen og effektbehovet i realiteten varierer tilfældigt styres styremotoren 43 af styreindretningen 46 i en åben-sløjfestyring ved hvilken styreindretningen bestemmer en ønsket grundindstillingsvinkel på grundlag af målene C og D for  
30 henholdsvis vindbelastningen og den aftagne effekt.

Som udgangspunkt roteres styreakslen 14 med samme omdrejningshastighed som hovedakslen 1. Ved behov for ændring af vingernes grundindstillingsvinkel

øges eller reduceres styreakslen 14's omdrejningshastighed. Den ændrede grundindstillingsvinkel udledes som målet A fra snekken 37. Når målet A svarer til det af styreindretningen 46 bestemte indstilles styreakslen 14's hastighed til den for hovedakslen 1 ønskede omdrejningshastighed.

For at hindre, at omdrejningshastigheden for hovedakslen 1 driver, overlejres åben-sløjfestyringen af en lukket-sløjfestyring med tilbagekobling af målet D fra omdrejningstælleren til styreindretningen 46.

Forsøg har vist at der på denne måde kan opnås en vekselstrøm fra generatoren med en frekvens, der kun afviger +/- 2,5% fra det ønskede.

De enkelte vinger vil udover grundindstillingsvinklen ændre deres aktuelle indstillingsvinkel som følge af deres aktuelle afbøjningsvinkel  $\alpha$  på samme måde som beskrevet i ansøgers ovennævnte, ældre danske patent nr. 174 346.

Den ovenfor beskrevne konstruktion foretrækkes for mindre møller (bestrøget areal fx ca. 30 m<sup>2</sup>). Ved større møller kan til udøvelse af fremgangsmåden ifølge opfindelsen tænkes anvendt møller, der på i og for sig kendt måde er forsynet med strain-gauges på vingerne til måling af deres afbøjning. En sådan mølle er indikeret i fig. 4 og 5, der lige som fig. 1-3 viser en to-vinget efterløber med en hovedaksel 1', et rotorhus 2', et lejehus 3' og en om sin vingeakse 4a' drejelig vinge 4'. I denne udførelsesform er lejehuset ikke hængslet til rotorhuset og en vingerod 7' er derfor drejefast forbundet med et snekkehjul 8', som er i direkte indgreb med en snekke 13', som sidder på en ikke vist styreaksel der strækker sig

gennem den hule hovedaksel 1'. En strain-gauge 15' giver direkte et mål  $C'$  for vingens afbøjning og dermed for vindbelastningen, hvilket mål kan føres til en styreindretning til gennemførelse af den ovenfor 5 beskrevne styring af møllen, i stedet for målet  $C$  i den ovenfor beskrevne udførelsesform for en mølle.

Ved anvendelse af en mølle forsynet med strain-gauges på vingerne og/eller deres ophæng kan vinger- 10 nes afbøjning i andre retninger end rotorakseretningen komme i betragtning, fx afbøjningen i vingernes rotationsretning, idet en øget vindhastighed vil medføre et øget aerodynamisk løft med en komponent i rotationsretningen.

Modtaget  
17 MRS. 2004

PVS

13

# P A T E N T K R A V

1. Fremgangsmåde til styring af en vindmølle,  
fortrinsvis i ø-drift,

hvilken vindmølle omfatter en rotor med i det  
5 væsentlig vandret omdrejningsakse, mindst to vinger,  
der hver især i en ende er forbundet med rotoren og  
strækker sig ud fra denne i det væsentlige langs en  
vingeakse, omkring hvilken vingen kan drejes til en  
indstillingsvinkel for vingen, en vingejusteringsind-  
10 retning til indstilling af en fælles grundindstil-  
lingsvinkel for vingerne, midler til detektering af  
grundindstillingsvinklens størrelse, midler til de-  
tektering af vindmøllens belastning, midler til de-  
tektering af vingens afbøjning, fortrinsvis i rotor-  
15 akseretningen,

ved hvilken fremgangsmåde møllens rotors om-  
drejningshastighed styres ved justering af grundind-  
stillingsvinklen, idet et styresignal for vingejuste-  
ringsindretningen tilvejebringes i afhængighed af be-  
20 lastningen og vindhastigheden, k e n d e t e g n e t  
ved, at der som mål for vindhastigheden anvendes vin-  
gens afbøjning, fortrinsvis i rotorens omdrejningsak-  
ses retningen.

2. Fremgangsmåde ifølge krav 1, k e n d e -  
25 t e g n e t ved, at rotorens omdrejningshastighed  
måles og anvendes i tilvejebringelsen af styresigna-  
let for vingejusteringsindretningen.

3. Fremgangsmåde ifølge krav 1 eller 2, k e n -  
d e t e g n e t ved, at der som mål for vindhastig-  
30 heden anvendes afbøjningen af vingen med den største  
afbøjning.

4. Vindmølle omfattende

en rotor med i det væsentlig vandret omdrej-

ningssakse,

mindst to vinger, der hver især i en ende er forbundet med rotoren og strækker sig ud fra denne i det væsentlige langs en vingeakse, omkring hvilken 5 vingen kan drej<sup>es</sup> gennem

et første leje til en indstillingsvinkel for vingen,

en vingejusteringsindretning til indstilling af en fælles grundindstillingsvinkel for vingerne,

10 et hængsel mellem vingen og rotoren med en hængselakse strækkende sig i en retning på tværs af vingeaksen og rotorens omdrejningsaksens retning, hvorved vingerne hver især kan afbøjes i rotorens omdrejningsaksens retning ved drejning om den respektive 15 hængselakse, k e n d e t e g n e t ved, at omfatte en indretning til detektering af størrelsen af en vinges afbøjning i rotorens omdrejningsaksens retning og midler til detektering af grundindstillingsvinklens størrelse samt midler til overføring af en de- 20 tekteret vingeafbøjningsstørrelse og en detekteret grundindstillingsvinkelstørrelse til en styreindretning.

5. Vindmølle ifølge krav 4, k e n d e t e g n e t ved, at omfatte en indretning til detektering 25 af afbøjningen af vingen med den største afbøjning.

6. Vindmølle ifølge krav 4 eller 5, k e n d e t e g n e t ved midler til detektering af rotorens omdrejningshastighed og midler til overføring af den detekterede størrelse til en styreenhed.

30 7. Vindmølle ifølge krav 4-6, k e n d e t e g n e t ved, at omfatte en styreenhed til at tilvejebringe et styresignal til vingejusteringsindretningen.



PVS

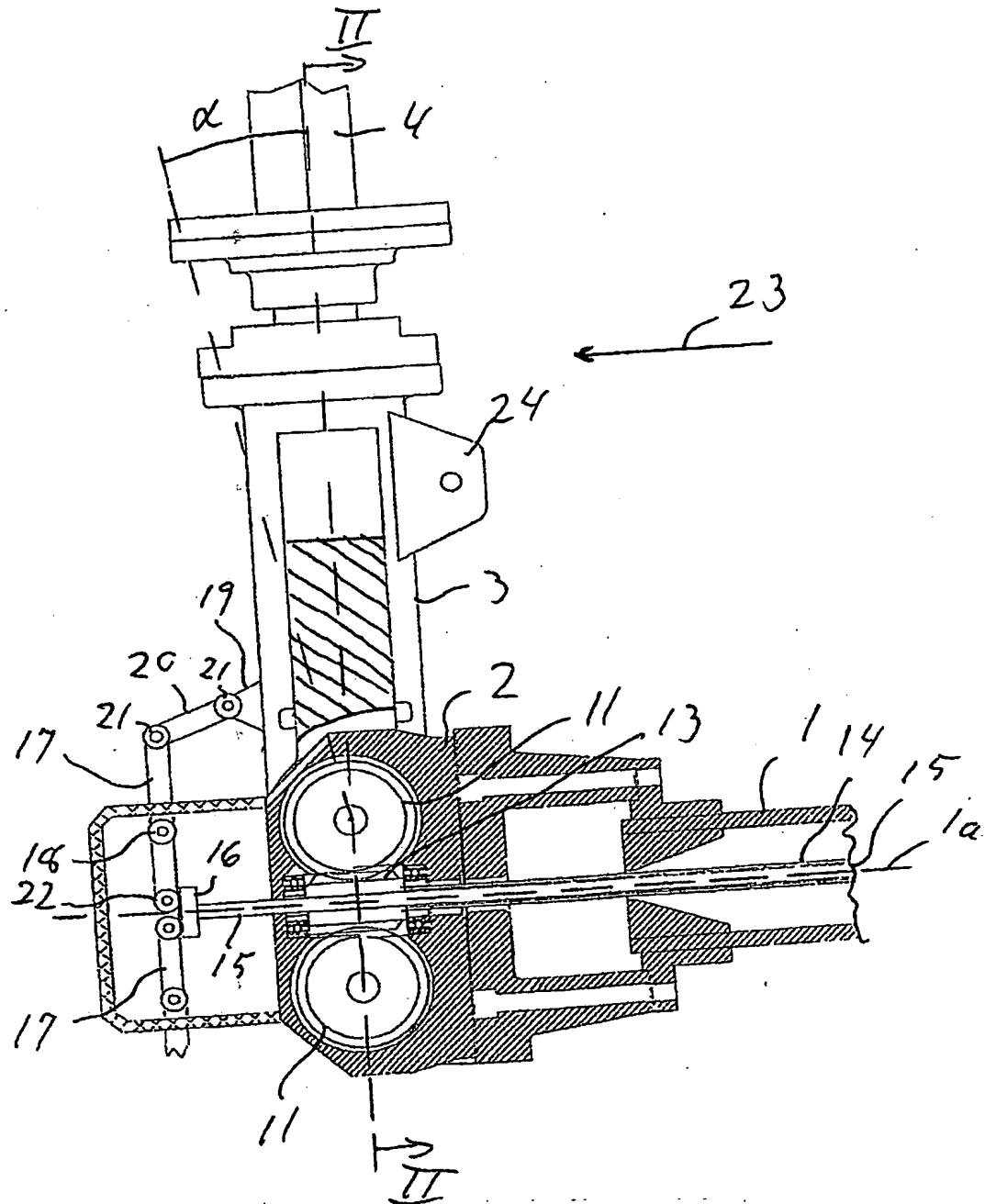


Fig. 1

Modtaget  
07 MRS. 2004  
PVS

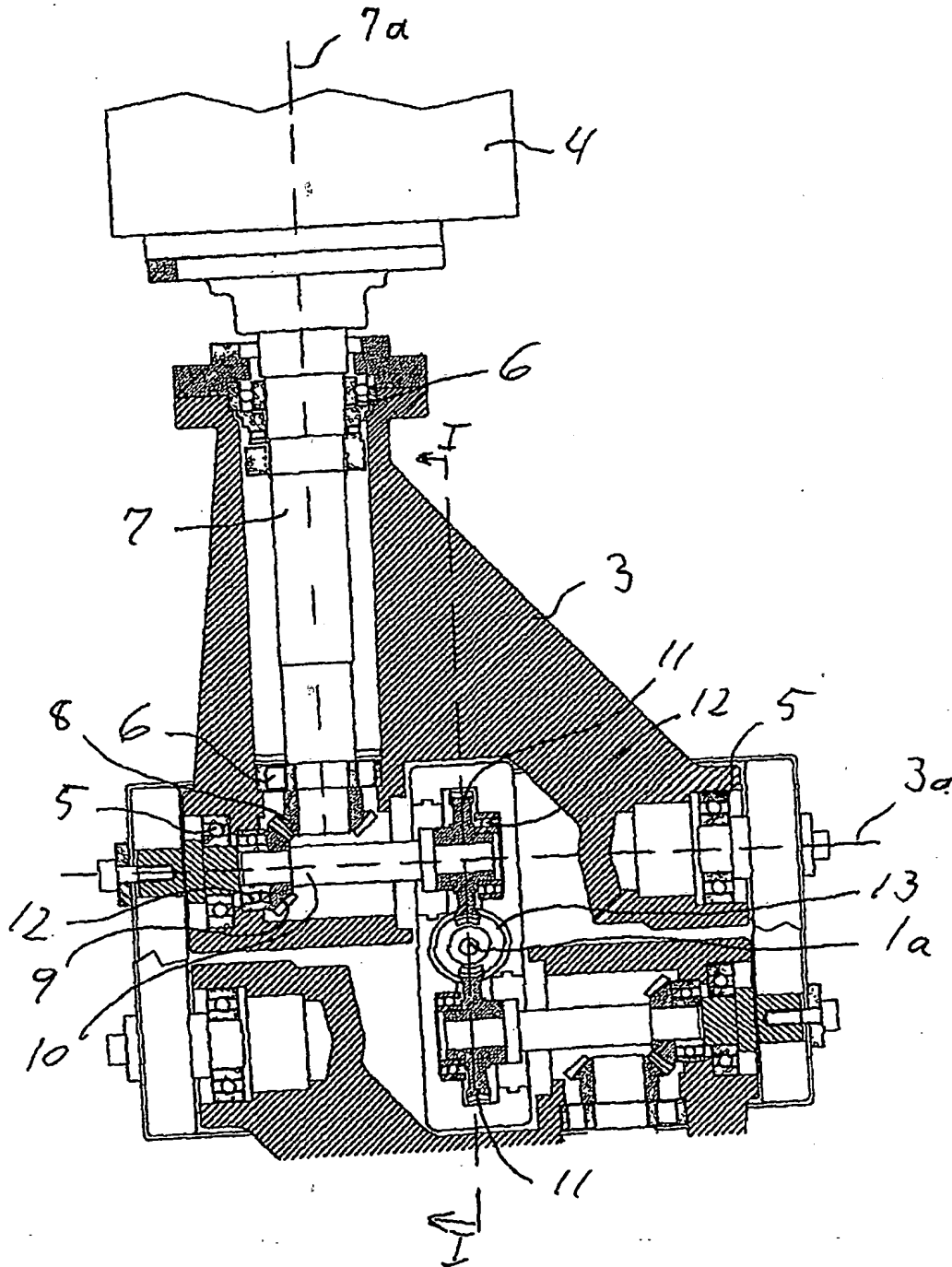


Fig. 2

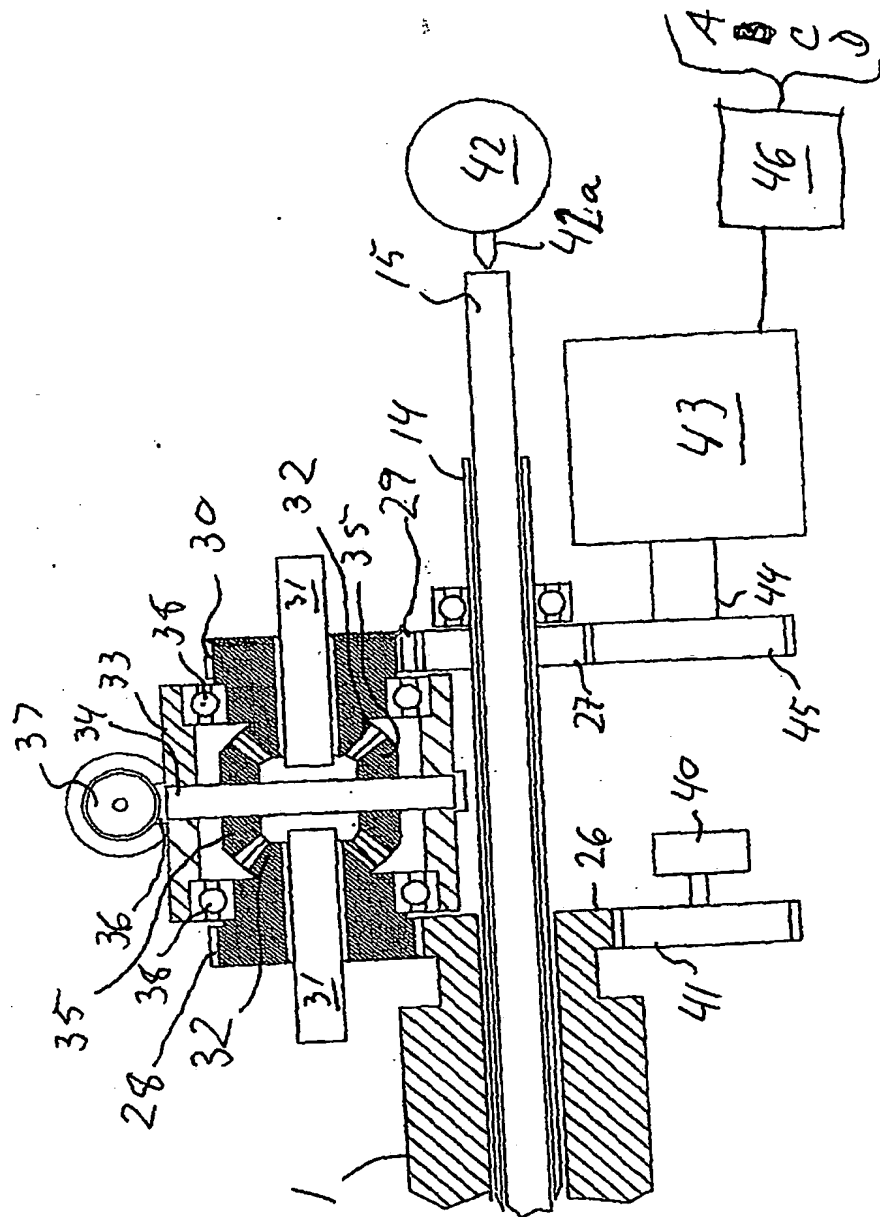
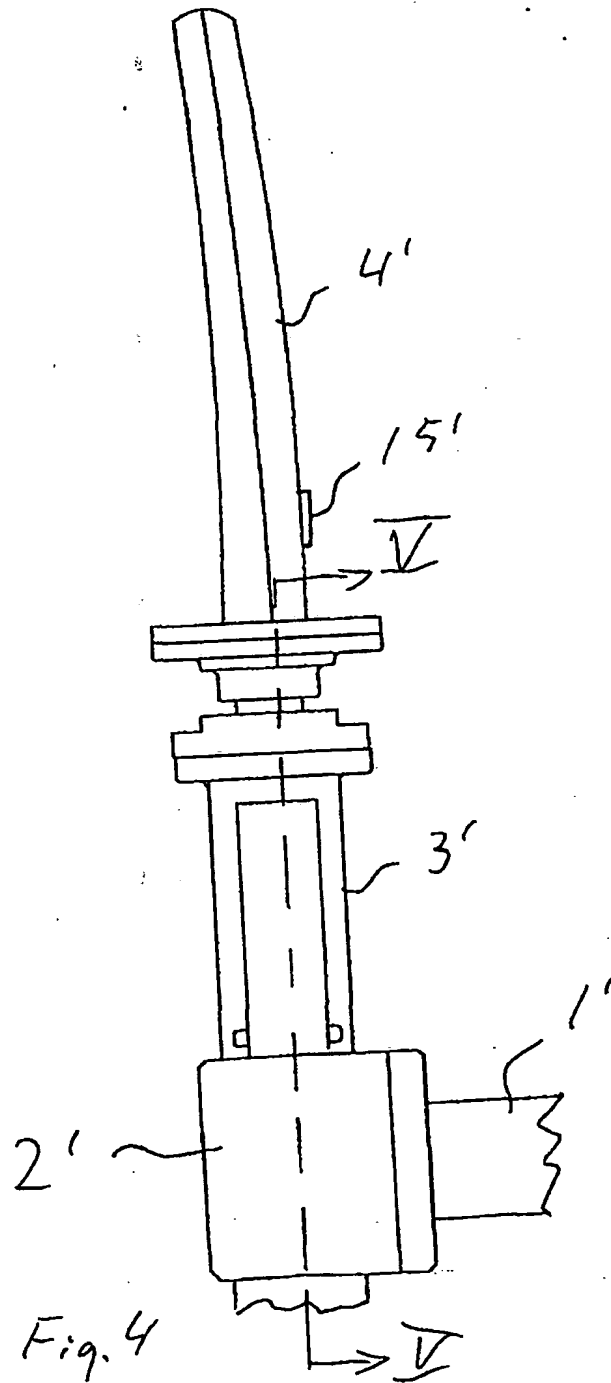


Fig. 9.

Modtaget

17 Mars. 2004

PVS



Modtaget

197 MRS. 2004

PVS

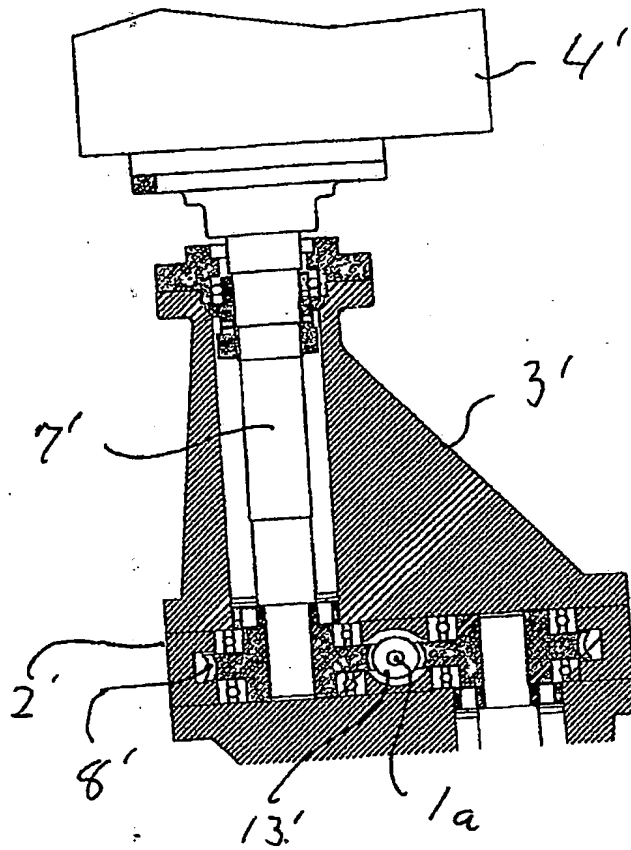


Fig. 5